

состояния связей, что ведет к снижению точности расчета итоговых небалансов. Более точный расчет баланса с учетом резервирования питания потребителей можно получить при наличии профиля нагрузки на получасовых и меньших интервалах.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Для учета резервных схем питания потребителей при формировании балансов электроэнергии предложено формирование связей между объектами и их состояния на заданном периоде времени.

2. Отсутствие измерений профиля нагрузки в приборах учета, используемых в АИИС, приводит к дополнительной потере точности расчета небаланса электроэнергии, как для отдельных объектов, так и сети в целом.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Крючков П.А., Семина А.Е. Применение шаблонов для расчета балансов подстанций в задачах большой размерности // Электроэнергетика глазами молодежи. Научные труды IV международной научно-технической конференции, 14-18 октября 2013 года. Т.1. Новочеркасск, Лик, 2013. с. 499-502.

Научный руководитель: П.А. Крючков, к.т.н., доцент, кафедра «Автоматизированные электрические системы» УралЭНИН УрФУ.

## **ОБЗОР РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЗА РУБЕЖОМ**

Ю.П. Загайнова

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Энергетический институт, кафедра Электрических сетей и электротехники

Международный Совет по большим электрическим системам высокого напряжения (СИГРЭ) на сегодняшний день является одной из наиболее авторитетных научно-технических ассоциаций, которая объединяет учёных и специалистов-энергетиков всего мира и оказывает сильное влияние на формирование стратегии развития отрасли многих стран [1].

В центре внимания СИГРЭ находятся вопросы разработки, создания и эксплуатации высоковольтного оборудования, задачи планирования и эксплуатации энергосистем, разработки и внедрения новых технологий сбора и обработки информации и систем управления.

Сессии СИГРЭ, собираемые каждые два года в Париже, на родине организации, являются знаковыми этапами, резюмирующими результаты предыдущих мероприятий и определяющими векторы дальнейшего развития электроэнергетики.

По результатам исследований, проводимых СИГРЭ, публикуются отчеты, обзоры и другие материалы, широко используемые при формировании стратегий развития энергетики в различных регионах мира.

Обзор статей представленных на 45-ой Сессии СИГРЭ показал, что особенно интенсивно развиваются технологии, необходимые как для сверхмощных дальних электропередач, так и для распределительных электрических сетей, что отражает общую тенденцию возрастания роли потребителей и распределенной генерации.

В условиях растущих требований к электроэнергетическим системам (ЭЭС) требуется уделять больше внимания оперативной оценке безопасности, новым методам, более гибким и приближенным к реальному времени подходам к управлению ЭЭС.

Развитие современного общества в технологически развитых странах, а также в центрах экономического роста осложнено рядом проблем, обусловленных ограниченностью энергоресурсов и необходимостью эффективного использования энергии в производстве и жизнедеятельности в целом. Ответной реакцией является изменение направления развития электроэнергетики, которая приобретает при этом ряд особенностей, а именно активное стимулирование энергосбережения и снижение потерь электроэнергии; стремительный рост «зеленой» генерации и распределенных источников энергии.

Европейские страны планируют достичь около 35% доли возобновляемых энергоресурсов (ВИЭ) в производстве электроэнергии до 2020 года. Главная цель заключается в сокращении выбросов CO<sub>2</sub> заменой ископаемых источников энергии. В некоторых регионах ВИЭ используются для соблюдения баланса в системе в периоды пиковых нагрузок [2].

Еще одним направлением развития электроэнергетики являются электропередачи постоянного тока (HVDC) и гибкие системы переменного тока (FACTS). Рост использования такого рода систем обусловлен увеличением спроса на электроэнергию в Китае, Индии, Бразилии, Африке, осуществлением межсистемных связей, передачей энергии на большие расстояния и подключением ВИЭ.

На данный момент в Северном море на стадии строительства находятся несколько систем HVDC для передачи электроэнергии от оффшорных ветряных электростанций в страны Северной Европы. На рисунке 1 показана схема расположения систем HVDC, функционирующих в Северной Европе.

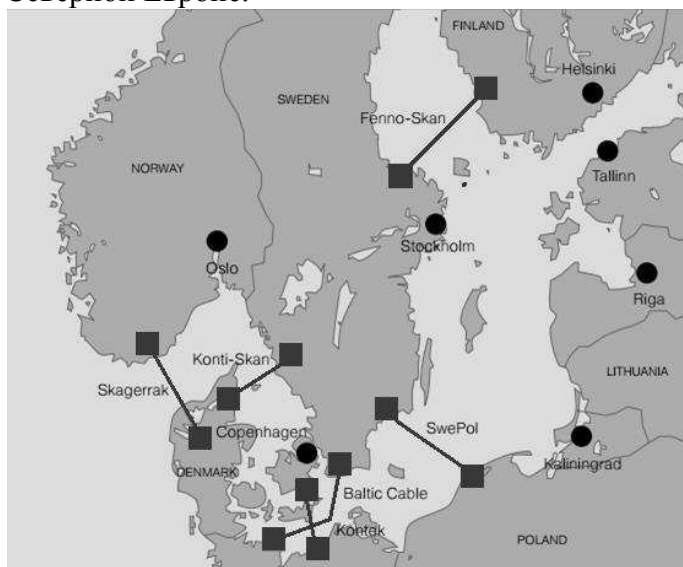


Рис. 1. Схема расположения систем HVDC в Северной Европе

Подобные системы строятся в Китае и планируются к строительству на Восточном побережье США.

HVDC системы также применяются для объединения соседних ЭЭС, особенно в случае подводной электропередачи, например, через две системы HVDC объединены ЭЭС Ирландии и Великобритании.

Тихоокеанская межсистемная линия HVDC, включенная параллельно нескольким линиям переменного тока 500 кВ, проходит на западе США и соединяет Орегон с Лос-Анджелесом. Таким образом, можно автоматически изменять мощность линии постоянного тока так, чтобы защищать линии переменного тока от перегрузки.

Если линия постоянного тока связывает две асинхронные сети и происходит внезапное уменьшение генерирующих мощностей в одной из сетей, ведущее к нарушению частоты и/или напряжения, можно настроить линию так, чтобы она автоматически адаптировала поток мощности для поддержания поврежденной сети.

FACTS-технологии – системы на основе силовой электроники, позволяющие повышать эффективность использования действующих передающих систем, что в итоге

снижает потребность в строительстве новых линий электропередачи. Они обладают хорошими возможностями управления потоками активной и реактивной мощности, динамической поддержкой реактивной мощности с возможностью контроля напряжения.

Одним из примеров применения FACTS служит энергосистема Японии. Компания ChubuElectricPowerCo. ввела в эксплуатацию СТАТКОМ мощностью 450 МВА (3x150 МВА) для улучшения устойчивости и подавления перенапряжения при передаче мощности от недавно построенной тепловой электростанции [2].

На рисунке 2 представлен СТАТКОМ, установленный на подстанции (ПС) Toshin в Японии.

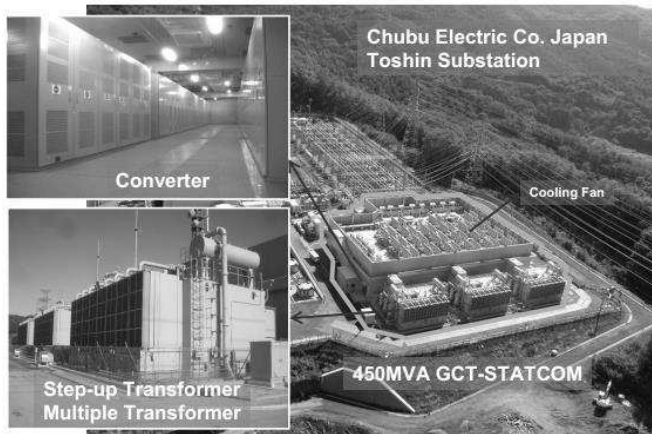


Рис. 2. СТАТКОМ мощностью 450 МВА

С помощью симулятора ЭЭС, представленного на рисунке 3, производился расчет и анализ режима однофазного короткого замыкания на линии.

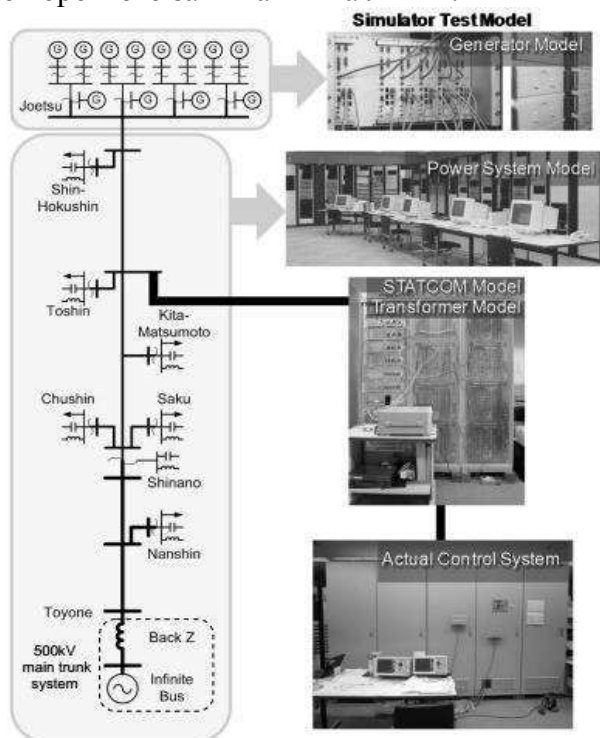


Рис. 3. Конфигурация симулятора ЭЭС

Результаты расчетов показали целесообразность установки СТАТКОМ для улучшения устойчивости ЭЭС и подавления перенапряжения.

Возрастает интерес к такому направлению инновационного развития электроэнергетики, как Smart Grid.

Основными идеологами разработки этого направления выступили США и страны Европейского Союза, принявшие его как основу своей национальной политики энергетического и инновационного развития. В последующем направление получило

признание и развитие практически во всех крупных индустриально развитых и динамично развивающихся странах.

Тенденции развития электроэнергетики в мире также связаны с увеличением доли распределенной генерации энергии.

Международное энергетическое агентство использует следующие определения. Распределенная генерация (DistributedGeneration) – это генерирующий объект, вырабатывающий электроэнергию в месте нахождения потребителя или обеспечивающий поддержку распределительной сети, подключенный к сети при напряжении уровня распределения. К технологиям распределенной генерации обычно относят двигатели, малые и микро- турбины, топливные элементы и фотоэлектрические системы. Рассредоточенная генерация (DispersedGeneration) – распределенная генерация, энергия ветра и другие виды генерации, как соединенные с распределительными сетями, так и полностью автономные. Существует много примеров североамериканских и европейских проектов SmartGrid, которые интегрируют значительное количество установок распределенной генерации. Например, в Германии суммарная установленная мощность фотоэлектрических установок уже достигла 30 ГВт.

Все вышеперечисленные направления развития ЭЭС определяются появлением новых высокоэффективных энергетических технологий, ростом доли высококачественных видов топлива, ужесточением экологических требований, стимулирующих использование ВИЭ. При этом интеграция распределенной генерации в энергосистему предоставляет новые возможности по обеспечению надежного электроснабжения потребителей в сравнении с традиционной моделью централизованного энергоснабжения.

Развитие распределенной генерации, внедрение ВИЭ, интеграция новых технологий влияет на устойчивость работы электрических сетей, усложняет систему управления, снижает эффективность управления, приводит к созданию технологических барьеров при присоединении генераторов к сети. Во избежание этого реализуются такие решения, как динамическая оценка надежности (Dynamic Security Assessment), устройство векторных измерений (PhasorMeasurementUnits), система мониторинга широкой зоны действия (WideAreaMonitoringSystems), динамический рейтинг линии (DynamicLineRating), управление рисками (RiskManagementandAssessment). Применение технологии динамического рейтинга предполагает оценку максимально допустимой пропускной способности линии с учетом её реального технического состояния, а также метеорологических параметров, получаемых в режиме реального времени и определения наименее благоприятных условий для охлаждения проводов по всей длине трассы линии. Подобные системы используются в европейских странах и Новой Зеландии [2].

Произошло существенное развитие аппаратных и программных средств систем управления. Появление новых международных стандартов, к которым относятся МЭК 61850 и развитие современных информационных технологий открывает возможности инновационных подходов к решению задач автоматизации и управления энергообъектами, позволяя создать подстанцию нового типа – цифровую. Отличительными характеристиками такой подстанции являются: наличие встроенных в первичное оборудование интеллектуальных микропроцессорных устройств, применение локальных вычислительных сетей для коммуникаций, цифровой способ доступа к информации, ее передаче и обработке, автоматизация работы ПС и процессов управления. Цифровые устройства релейной защиты и автоматики помогают реализовать более совершенные алгоритмы обнаружения и локализации нарушений в работе ЭЭС. Использование информационной шины на цифровой ПС расширяет возможности контроля и управления, в том числе дистанционного.

Улучшение контроля и управления электрическими сетями путем внедрения мониторинговых, телекоммуникационных технологий и систем удаленного управления также будет способствовать обеспечению безопасной и бесперебойной работы ЭЭС. Образование такого рода энергоинформационной системы – стратегическая цель развития

ЭЭС в ведущих странах Северной Америки и Западной Европы. Это новый этап развития электроэнергетики в соответствии с требованиями времени.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Сайт СИГРЭ [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.cigre.org> , свободный.
2. The Technical Programme of the Session Papers // 45<sup>th</sup> CIGRE SESSION, Paris, France 24 – 29 August, 2014, CDR.

Научный руководитель: Н. Л. Бацева, к.т.н., доцент кафедры электрических сетей и электротехники, Энергетического института ТПУ, [davek-19k@yandex.ru](mailto:davek-19k@yandex.ru).

## О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЛОКА ПИТАНИЯ С ОТБОРОМ МОЩНОСТИ ДЛЯ ЗАРЯДКИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

А.С.Наполов, Р.М.Сайфутдинов

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Сегодня настоящий бум переживают мультикоптеры – многовинтовые летательные аппараты. Впервые испытанные еще в 1922 году (рис. 1), благодаря развитию микроэлектроники они становятся меньше, легче и удобнее в управлении.



Рис. 1. Первый квадрокоптер, спроектированный Георгием Александровичем Ботезатом в 1922 году.

Применение мультикоптеров очень многогранно. Они используются для аэрофотосъемки. Причем диапазон применений ранжируется от «селфи» где-нибудь в горах до наблюдения за лесными пожарами в труднодоступных районах тайги. Мультикоптеры применяются для доставки грузов: от пиццы в загруженный центр города до необходимых лекарств и продовольствия в пострадавшие от стихийных бедствий районы. Мультикоптеры находят свое применение в журналистике и освещении спортивных мероприятий как на прошедшей в Сочи Олимпиаде.

Однако одной из сложнейших проблем, сдерживающей бурное развитие мультикоптеров, является крайне малое время автономного полета. Для очень дорогих моделей, способных нести хоть какую-то полезную нагрузку, это время редко превышает 30 минут. Типичным является время полета не более 10 – 15 минут.

Рассмотрим возможность обеспечения зарядки аккумуляторной батареи для продления времени автономного полета мультикоптера с помощью известных блоков питания с отбором мощности от тока фазного провода.

#### Блок питания с отбором мощности от тока фазного провода